

## Variation au cours du cycle annuel de l'état nutritionnel du vison mâle adulte

### II. - Production de chaleur et besoins d'entretien

Geneviève CHARLET-LERY, Michèle FISZLEWICZ, Marie-Thérèse MOREL  
et J. ROUGEOT \*

*I.N.R.A., Centre de Recherches zootechniques  
Laboratoire des Pelages, Toisons et Fourrures  
F 78350 Jouy-en-Josas*

#### Résumé

Au cours des 14 mois d'expérience, les animaux du groupe A ont été placés ensemble 13 fois en chambre respiratoire durant 3 jours consécutifs dans la semaine qui suivait un des bilans nutritionnels décrits dans l'article précédent. Au cours de ces mesures, les animaux ont fortement abaissé leur niveau alimentaire.

Les quotients respiratoires sont inférieurs à 1 (0,76 - 0,91). Les productions journalières de chaleur par animal varient peu (258,6 kcal/j). Mais rapportées au kg de poids vif ou à la taille métabolique, on constate que les données obtenues, en hiver, de novembre à février (149 kcal/P<sub>kg</sub><sup>0,75</sup>) sont plus faibles que celles obtenues le reste de l'année d'avril à septembre (167 kcal/P<sub>kg</sub><sup>0,75</sup>) (tabl. 1). Le besoin d'entretien serait en moyenne de 155 kcal EM/P<sub>kg</sub><sup>0,75</sup> (fig. 1). Grâce à cette donnée, l'énergie métabolisable disponible pour la production a pu être calculée pour les 6 périodes du cycle pondéral décrites précédemment. La comparaison de ces valeurs avec les variations pondérales correspondantes, met en évidence la validité de cette donnée pour les animaux restés en salle expérimentale mais suggère que les conditions climatiques plus rigoureuses augmenteraient ce besoin jusqu'à 195 kcal/P<sub>kg</sub><sup>0,75</sup> (fig. 2).

L'évolution de la consommation d'O<sub>2</sub> au cours du nyctémère permet de séparer les périodes à jours courts de celles à jours longs. Les répartitions (tabl. 3 et fig. 3), sont très différentes et montrent l'influence du photopériodisme sur cet animal, influence que suggèrent aussi les variations des hormones plasmatiques (thyroxine, testostérone...) décrites par plusieurs auteurs.

*Mots clés : Vison mâle adulte, production de chaleur, cycle annuel, besoin d'entretien.*

#### I. Introduction

Les études relatives à la détermination de la production de chaleur des visons et à l'établissement de leurs besoins d'entretien, quelles que soient leurs conditions de production, sont peu nombreuses. FARRELL & WOOD en 1968, IVERSEN en 1972, ont

tenté de déterminer un métabolisme de base, les premiers sur femelles, les seconds sur mâles. HARPER *et al.* (1978) ont étudié chez des jeunes en croissance, nourris à 2 niveaux alimentaires différents, les besoins d'entretien par analyse de carcasse. Enfin, CHWALIBOG *et al.* (1979) ont déterminé sur des visons mâles adultes les besoins d'entretien en fonction de la température, du niveau d'ingéré et de la concentration protéique de la ration.

Dans aucune de ces études, l'incidence très marquée du photopériodisme sur le cycle sexuel et les mues n'a été prise en compte. Cependant, une étude déjà ancienne de PEREL'DICK & TITOVA (1950) mesurant le métabolisme de base de visons mâles adultes à différentes périodes de l'année, montre des variations notables. Rapportés au kg de poids vif, chez des animaux d'un poids moyen de 1,2 kg, les métabolismes de base (jeûne de plus de 24 h) sont plus faibles durant les mois d'hiver (entre 129 et 140 kcal) que durant les autres mois (157 kcal environ).

Aussi, au cours des mesures systématiques que nous avons décidé de poursuivre, relatives aux variations de l'état nutritionnel de visons mâles adultes au cours d'une année (CHARLET-LERY *et al.*, 1984), nous est-il apparu intéressant de déterminer leurs productions de chaleur et de calculer leurs besoins d'entretien.

## II. Méthodologie

Une première expérience en 1978 sur visons de souche *Dark* nous ayant montré l'agressivité de ces animaux et leur sensibilité aux changements de milieu (visonnerie ou salle expérimentale), nous a conduit à modifier le protocole opératoire afin de pouvoir apprécier l'influence des conditions d'environnement (FIZLEWICZ, 1982) et de mieux les contrôler.

Les visons choisis, de souche *Pastel*, relativement calmes, âgés de 20 mois en début d'expérience, ont été divisés en 3 lots. Six animaux sont restés continuellement à la visonnerie (lot V). Deux groupes de 4 sujets (lot A et B) ont été placés en salle expérimentale. Le bloc de 4 cages à bilan où ils vivaient, était conçu pour entrer dans la chambre respiratoire, mais seul le lot A a subi les mesures de production de chaleur. Un tel dispositif permet de juger si les résultats obtenus sur les animaux en chambre respiratoire étaient applicables à ceux restés à la visonnerie.

Durant les 14 mois d'expérience, tous les animaux ont reçu *ad libitum* le même régime alimentaire présenté sous forme de granulés. L'énergie brute est de 4,47 kcal/g de matière sèche et la concentration en protéines atteint 36,3 p. 100 (CHARLET-LERY *et al.*, 1984).

Les mesures mensuelles de la production journalière de chaleur ont été effectuées par calorimétrie indirecte dans un appareil à circuit fermé où l'hygrométrie est maintenue aux environs de 70 p. 100. Les températures à l'intérieur de la chambre ont varié entre 16 et 17 °C en hiver, 18 et 20 °C en été, soit au-dessus de la température de la salle expérimentale surtout durant la nuit.

L'appareil utilisé se caractérise par la présence d'un système de réfrigération à 2 niveaux (+ 1 °C et - 20 °C) qui déshydrate l'air avant la fixation du gaz carbo-

nique par une solution de potasse, réfrigération qui améliore le rendement de fixation de ce gaz et par la régulation de la concentration en oxygène à partir de son contrôle analytique en continu (Beckman, modèle 715). Il a été décrit par FISZLEWICZ (1982). La teneur en O<sub>2</sub> de la chambre est régulée entre 20,75 et 20,85 p. 100. Ce système est moins sensible aux variations de pression extérieure que la simple rentrée d'oxygène par dépression à partir d'un spiromètre. L'enregistrement des appels d'oxygène permet de calculer l'intensité de la consommation au cours des différentes heures de la journée.

La chambre a été conçue pour travailler avec des porcs en croissance, donc avec une production journalière de CO<sub>2</sub> élevée (400 l/24 h). Un vison, dans ce même temps, émet en moyenne 40 l de CO<sub>2</sub>, ce qui nous a amené à déterminer les échanges simultanément sur 4 animaux pour atteindre un volume moyen de CO<sub>2</sub> de 160 l, quantité que notre système d'absorption peut déterminer avec précision.

Les conditions *ad libitum* de la consommation peuvent provoquer une variation non négligeable d'un jour à l'autre de la quantité d'aliment ingéré, même lorsque l'on considère la moyenne de 4 animaux. Or, cette variation est en grande partie à l'origine de celle des échanges gazeux. Aussi, avons-nous effectué les mesures en chambre respiratoire pendant les 3 jours que dure le bilan digestif. Chaque mesure dure 23 h.

Le calcul des productions de chaleur a été effectué à partir des résultats d'échanges gazeux par la formule de BROUWER (1964) et des données des bilans de Carbone et d'Azote (bilan CN).

### III. Résultats

Au cours des 14 mois de l'expérience, les animaux du groupe A ont été placés 13 fois en chambre respiratoire, consécutivement à une des 16 mesures de bilans nutritionnels dont les résultats ont été exposés dans la première partie.

Chacune des périodes de bilans (nutritionnel ou énergétique) est caractérisée par le numéro de la semaine durant laquelle elle est effectuée (01 à 52) précédée du chiffre 1 pour l'année 1979 et du chiffre 2 pour l'année 1980.

Le séjour des animaux en chambre respiratoire provoque dans la majorité des cas une baisse très nette de leur niveau d'ingestion. Par rapport à l'ingéré de la semaine précédente, cette diminution varie de 31 à 65 p. 100. Elle n'entraîne pas de modification des coefficients de digestibilité de la matière sèche et de l'énergie. Seul le coefficient de l'azote est légèrement diminué, mais non significativement. Par contre, les rapports EM/ED et EM/EI sont significativement abaissés. Il est évident que cette baisse d'ingestion a entraîné des bilans azotés négatifs pour la plupart (CHARLET-LERY *et al.*, 1984).

#### A. Mesure de la production de chaleur et détermination des besoins d'entretien

Le coefficient de corrélation entre les valeurs de la production de chaleur selon qu'elles sont calculées à partir des échanges gazeux ou du bilan CN atteint + 0,89.

Cependant, les difficultés dans le réglage de l'introduction d'O<sub>2</sub> dans la chambre, dues aux variations de pression au cours des 23 h, nous ont amené à ne tenir compte que des valeurs d'O<sub>2</sub> obtenues par le bilan CN, car le calcul à partir des échanges gazeux amplifie les erreurs commises sur la mesure de l'oxygène consommé et la mesure du gaz carbonique est mieux maîtrisée.

### 1. Production de gaz carbonique

Le tableau 1 indique pour chaque bilan le poids moyen des animaux, l'énergie métabolisable apportée par la ration et la production de CO<sub>2</sub>. On peut se rendre compte que la variation de production de CO<sub>2</sub> au cours des 14 mois est faible, puisque la moyenne générale est de 44,0 l par jour et par animal, avec un coefficient de variation de 11. Ces productions sont corrélées avec le poids vif ( $r = + 0,70$ ,  $P < 0,01$ ) et moins nettement avec l'énergie métabolisable de la ration ( $r = + 0,56$ ,  $P < 0,05$ ).

TABLEAU 1  
Données des bilans énergétiques.  
Main results of balance trials.

Semaines Weeks	Poids Weight kg	EM kcal		CO <sub>2</sub> l/j		Production de chaleur kcal Heat production		QR RQ (1)
		/a	/P <sub>kg</sub> <sup>0,75</sup>	/a	P <sub>kg</sub> <sup>0,75</sup>	/a	/P <sub>kg</sub> <sup>0,75</sup>	
104	2,273	275,9	149,0	50,3	27,2	269,0	145,3	0,91
107	2,289	235,3	126,4	49,5	26,6	273,3	146,9	0,87
115	1,749	130,2	85,6	44,3	29,1	269,5	177,3	0,78
120	1,891	93,3	57,9	41,3	25,6	255,8	158,6	0,76
124	1,793	126,3	81,5	44,8	28,9	274,5	177,2	0,78
127	1,658	103,5	70,8	31,1	21,3	182,5	124,9	0,81
135	1,680	167,8	113,7	41,5	28,1	233,0	157,9	0,86
139	1,830	180,3	114,6	46,0	29,2	259,0	164,6	0,88
145	1,953	110,6	66,9	40,5	24,5	239,0	144,7	0,81
148	2,028	97,8	57,5	44,3	26,1	266,8	157,0	0,79
151	2,160	88,8	49,8	43,8	24,6	265,0	148,7	0,80
204	2,356	123,3	64,8	48,0	25,2	289,3	152,1	0,79
208	2,395	110,8	55,6	47,0	24,4	285,5	148,3	0,78

(1) Valeur de O<sub>2</sub> obtenue dans le bilan CN - O<sub>2</sub> calculated in CN balance.

La consommation d'oxygène subit des variations de même type, mais étant donné que ces valeurs ont été évaluées à partir du bilan CN, il nous a paru préférable d'étudier directement la production de chaleur.

Les quotients respiratoires ont été calculés en utilisant les valeurs d'oxygène obtenues dans le bilan CN ; ils sont toujours inférieurs à 1 (0,76 à 0,91).

2. *Étude de la production de chaleur*

Le faible niveau alimentaire provoque des bilans énergétiques négatifs, la production de chaleur étant supérieure à l'énergie métabolisable (tabl. 1). La production moyenne journalière de chaleur par animal (258,6 kcal) varie relativement peu au cours de l'année, comme en témoigne le coefficient de variation 10,9.

Par contre, si nous rapportons les productions de chaleur, soit au kg de poids vif, soit à l'unité de taille métabolique, 2 groupes de valeurs se dissocient : l'un faible durant les mois de novembre-décembre-janvier et février

— 122,4 kcal/kg  $\pm$  1,7 (CV = 3,6), soit 149,0 kcal/P<sub>kg</sub><sup>0,75</sup>  $\pm$  1,6 (CV = 2,9) l'autre plus élevé durant le reste de l'année d'avril à septembre,

— 144,5 kcal/kg  $\pm$  3,8 (CV = 5,9), soit 167,1 kcal/P<sub>kg</sub><sup>0,75</sup>  $\pm$  4,3 (CV = 5,7)

Une donnée particulièrement faible qui s'écarte de ces 2 groupes de valeurs, celle du mois de juillet : 110,1 kcal/kg ou 124,9 kcal/P<sub>kg</sub><sup>0,75</sup> n'a pas été intégrée dans la valeur moyenne d'été. Elle correspond au poids minimum atteint par les animaux.

Les corrélations entre la production de chaleur et le poids de l'animal ou l'énergie métabolisable de la ration sont très faibles et non significatives. Par contre, les corrélations entre cette production et l'énergie métabolisable de la ration ingérée au cours du bilan de la semaine précédente, atteint + 0,68 (P < 0,01) lorsque les données sont rapportées au kg de poids vif et + 0,62 (P < 0,02) lorsque celles-ci sont rapportées à la taille métabolique.

3. *Variation du niveau des réserves corporelles et du poids durant la mesure des échanges respiratoires*

Par suite du faible niveau d'ingestion, les animaux ont perdu du poids au cours de leur séjour dans la chambre. Les variations des dépôts protéiques et lipidiques correspondant à cette chute de poids ont été calculées au cours de la détermination du bilan CN (tabl. 2). Elles sont négatives, sauf pour les périodes 104 et 107 où les animaux ont fixé des protéines. Ces variations de réserves corporelles sont en corrélation avec l'énergie métabolisable fournie par la ration :

$$\text{MAT}/\text{P}_{\text{kg}}^{0,75} = 0,0274 \text{ EM kcal}/\text{P}_{\text{kg}}^{0,75} - 3,512 \quad r = + 0,75$$

$$\text{MG}/\text{P}_{\text{kg}}^{0,75} = 0,0851 \text{ EM kcal}/\text{P}_{\text{kg}}^{0,75} - 13,798 \quad r = + 0,89$$

Ces 2 équations nous indiquent que, pour une différence d'ingéré de 100 kcal EM/P<sub>kg</sub><sup>0,75</sup>, les variations des dépôts protéiques et lipidiques sont respectivement de 2,74 et 8,51 g, soit 15,62 kcal et 80,85 kcal : donc une variation 5,2 fois plus importante de l'énergie lipidique que de l'énergie protéique.

Dans le tableau 2, nous avons rapporté la variation théorique de poids, calculée en admettant que cette dernière est la somme des variations des dépôts protéiques, de l'eau qui leur est normalement fixée et les dépôts de matières grasses. Nous avons pris comme rapport eau/protéines celui obtenu d'après les résultats de CHARLET-LERY *et al.* (1979) chez des visons mâles *Pastels* abattus mi-octobre et début novembre, soit 2,6 et considéré que la réserve minérale ne changeait pas :

$$\Delta \text{Pg} = (\text{g protéines fixées} \times 3,6) + \text{g lipides fixés}$$

TABLEAU 2

*Variations des réserves corporelles durant les bilans.*  
*Changes in body tissues during balances.*

Semaines <i>Weeks</i>	Bilan d'énergie kcal/j/a	Protéines g/j/a	Lipides (1) g/j/a	Variation pondérale (1) g/j
104	+ 7,00	+ 2,75	— 1,19	+ 8,71
107	— 38,29	+ 0,10	— 4,09	— 3,73
115	— 139,31	— 4,36	— 12,05	— 27,75
120	— 162,35	— 4,16	— 14,60	— 29,58
124	— 148,26	— 1,64	— 14,62	— 20,52
127	— 78,99	— 2,70	— 6,69	— 16,41
135	— 65,32	— 2,11	— 5,61	— 13,21
139	— 78,54	— 0,16	— 8,17	— 8,75
145	— 128,31	— 3,08	— 11,66	— 22,75
148	— 169,00	— 2,02	— 16,58	— 23,85
151	— 176,25	— 2,81	— 16,87	— 26,99
204	— 164,79	— 2,02	— 16,24	— 23,51
208	— 174,65	— 3,16	— 16,49	— 27,87

(1) Calculée - *Calculated.*

#### 4. Détermination des besoins d'entretien

L'énergie retenue est corrélée de façon hautement significative avec l'apport d'énergie métabolisable :

$$ER \text{ kcal/P}_{\text{kg}}^{0,75} = 0,972 \text{ EM kcal/P}_{\text{kg}}^{0,75} - 151,5 \quad r = 0,91$$

Cette régression (fig. 1) permet de calculer pour un bilan énergétique nul les besoins d'entretien en énergie métabolisable par unité de taille métabolique. Ces besoins sont de 155,9 EM kcal/P<sub>kg</sub><sup>0,75</sup>, soit 133,6 EM kcal/kg de poids vif.

Le rendement de l'énergie métabolisable pour l'entretien serait de 97,2 p. 100.

Utilisant cette donnée, nous avons calculé, pour chacun des animaux avec lesquels a été établi le cycle de variation de poids (CHARLET-LERY *et al.*, 1984), l'énergie disponible pour la production (EM<sub>p</sub>) au cours de chacune des 6 périodes de gain ou de perte de poids en soustrayant de l'EM totale apportée par la ration l'EM nécessaire à l'entretien.

Ces résultats ont été comparés, non pas à la rétention d'énergie que nous ne pouvions pas déterminer, mais à la variation journalière de poids ( $\Delta$ Pg). Les animaux restés en salle expérimentale et les animaux ayant toujours vécu à la visonnerie ont été traités séparément.

Pour les 8 animaux des lots A et B, nous obtenons la régression suivante :

$$\Delta \text{Pg} = 0,151 \text{ EMp/P}_{\text{kg}}^{0,75} - 0,675 \quad r = + 0,47 \quad P < 0,01 \quad (n = 36)$$

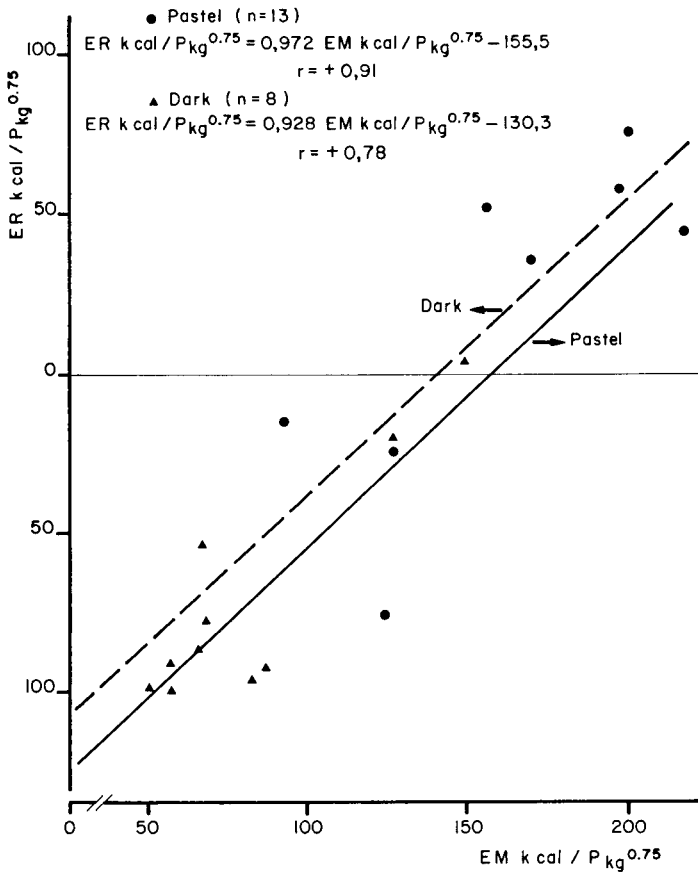


FIG. 1

*Relation entre l'énergie retenue et l'énergie métabolisable.  
 Relationship between retained energy and metabolizable energy.*

Le coefficient de corrélation est faible mais hautement significatif. Pour une variation de poids nulle, l'énergie métabolisable disponible pour la production est égale à 4,47 kcal/ $P_{kg}^{0.75}$  (soit moins de 3 p. 100 du besoin), ce qui tend à prouver que la valeur de 155,9 kcal correspond bien aux besoins de ces animaux en salle expérimentale.

Par contre, ce mode de calcul appliqué aux 6 animaux restés à la visonnerie donne la régression suivante (fig. 2) :

$$\Delta P_g = 0,216 \text{ EM}_p / P_{kg}^{0.75} - 8,650 \quad r = + 0,77 \quad P < 0,01 \quad (n = 36)$$

Cette équation implique une sous-estimation de 40 kcal/ $P_{kg}^{0.75}$  des besoins d'entretien. Cette valeur est à ajouter aux besoins précédemment trouvés, ce qui

conduit à des besoins d'entretien de 195,9 kcal par unité de taille métabolique. On peut, dès lors, penser que les conditions d'élevage entraînent des dépenses énergétiques supplémentaires. En effet, en salle expérimentale, les écarts de température sont plus atténués qu'à l'extérieur. Il y fait moins froid en hiver, moins chaud en été et les animaux sont soustraits aux intempéries (vent...) régnant à la visonnerie. De plus, les cages des parcours de la visonnerie sont plus grandes, ce qui peut permettre à l'animal une activité physique plus intense.

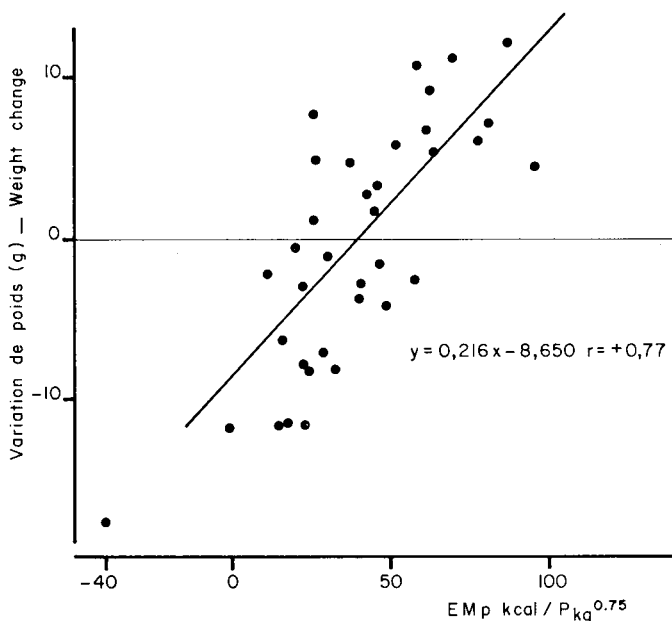


FIG. 2

*Relation entre la variation de poids et l'énergie métabolisable disponible pour la production chez les animaux restés à la visonnerie, pour chacune des 6 périodes.*

*Relationship between weight change and metabolizable energy for production in animals staying in minkfarm, for the 6 periods.*

### B. Évolution de la consommation d'oxygène au cours du nyctémère

Le dispositif d'introduction de l'oxygène a permis le contrôle des entrées de ce gaz dans la chambre tout au long du nyctémère et donc la détermination du nombre des appels et la répartition de ceux-ci au cours des 23 h de mesure. Connaissant le poids total d'oxygène consommé et le nombre d'appels, nous avons calculé le volume de gaz correspondant à chacun d'eux.



TABEAU 3

Consommation moyenne horaire d'oxygène du groupe de 4 animaux aux différentes phases du nyctémère  
( ) durée en heure.

Mean hourly O<sub>2</sub> consumption during different periods of a day (4 minks together)  
( ) number of hours.

	Journée (1) J I.	Nuit (2) N I.	Premières heures du matin (3) M I.	Signification	
				J/N	J/M
Février	107 6,9 (7)	7,9 (15)	8 (1)	NS	—
Avril	115 8,3 (8)	9,4 (11)	11,1 (4)	0,20 < P < 0,10	0,20 < P < 0,10
Mai	120 8,2 (9)	8,5 (9)	10,3 (5)	NS	0,20 < P < 0,10
Juin	124 6,1 (10)	7,2 (7)	11,8 (6)	0,30 < P < 0,20	P < 0,01
Juillet	127 5,0 (9)	7,6 (9)	11,3 (5)	P < 0,05	P < 0,01
Août	135 7,6 (8)	11,3 (11)	12,6 (4)	0,02 < P < 0,01	P < 0,01
Septembre	139 7,4 (7)	9,3 (12)	9,3 (4)	0,20 < P < 0,10	0,20 < P < 0,10
Novembre	145 8,7 (7)	9,5 (14)	10,9 (2)	0,50 < P < 0,30	—
—	148 11,9 (6)	9,9 (16)	15,0 (1)	0,10 < P < 0,05	—
Décembre	151 9,6 (6)	10,8 (16)	11,2 (1)	0,30 < P < 0,20	—
Janvier	204 11,1 (7)	11,2 (15)	13,8 (1)	NS	—
Février	208 11,7 (8)	14,0 (14)	18,9 (1)	0,05 < P < 0,02	—

(1) Du commencement des mesures jusqu'au coucher du soleil - From the beginning of measurements till sunset.

(2) Du coucher du soleil au lever du soleil - From sunset till sunrise.

(3) Du lever du soleil jusqu'à la fin des mesures - From sunrise till the end of measurements.

Pour chacune des 3 journées de mesure effectuées par bilan, les consommations horaires d'O<sub>2</sub> ont été calculées ainsi que leur moyenne. L'étude des 12 courbes (l'enregistrement de la semaine 104 a été défectueux) montre que les animaux répartissent cette consommation en fonction du nyctémère.

Nous avons réparti les 23 h d'observation en 3 phases, en fonction d'une part de la photopériode journalière, d'autre part, du début et de la fin de nos mesures, soit :

- la « Journée » (J) depuis le début de la mesure en chambre respiratoire jusqu'au coucher du soleil ;
- la « Nuit » (N) du coucher au lever du soleil ;
- les « premières heures du Matin » (M) du lever du soleil jusqu'à l'arrêt de la mesure.

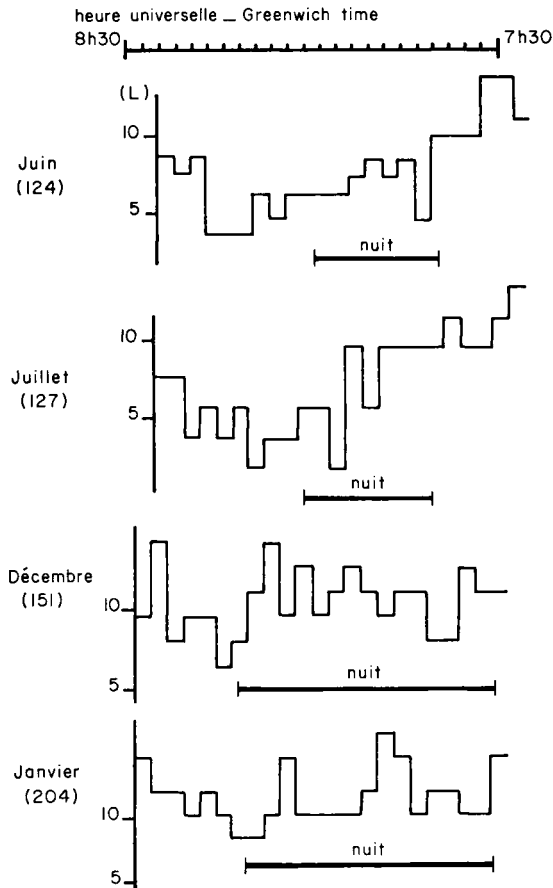


FIG. 3

*Consommation horaire moyenne d'oxygène  
des 4 visons étudiés au cours du nyctémère, selon les saisons.*

*Hourly mean O<sub>2</sub> consumption of the 4 minks during a day, according to the seasons.*

Le tableau 3 résume cet ensemble de données.

Exception faite de la semaine 148 (fin novembre), les animaux ont une consommation horaire d'O<sub>2</sub> plus élevée durant la « Nuit » que durant la « Journée » et ce, quelle que soit la durée de cette dernière. De plus, les consommations des « premières heures du Matin », se trouvent encore plus élevées que celles de la « Nuit ».

Il apparaît une évolution progressive en fonction des durées relatives des phases d'éclaircissement. En nuits longues, les consommations horaires d'O<sub>2</sub> se répartissent d'une façon plus homogène sur le nyctémère qu'en nuits courtes. Ces consommations horaires entre la « Journée » et la « Nuit » ne sont pas ou sont peu significatives.

Par contre lorsque la « Nuit » est courte, les différences s'accroissent et les seuils de signification atteignent 0,05 p. 100 au mois de juillet et près de 0,01 p. 100 au mois d'août.

Les premières heures du « Matin » présentent toujours les consommations horaires d'O<sub>2</sub> les plus élevées. En jours longs, par rapport aux données de la « Journée », les différences sont hautement significatives pour les mois de juin, juillet et août et significatives au seuil de 0,1 p. 100 ou 0,2 p. 100 pour les mois d'avril, mai et septembre. Par contre, en jours courts, il n'est pas possible de mettre en évidence une différence significative en raison du nombre réduit de données (1 ou 2) et de la perturbation subie par les animaux du fait des manipulations consécutives à l'arrêt de la chambre respiratoire pendant la dernière demi-heure de la phase matinale.

Sur la figure 3, sont représentées les variations de consommation d'O<sub>2</sub> durant les 23 h pour les mesures effectuées au cours des semaines entourant les solstices d'été et d'hiver. Ces graphiques mettent en évidence les variations décrites ci-dessus. En outre, ils montrent que pendant les mois de juin et de juillet, malgré une consommation horaire moyenne d'O<sub>2</sub> plus faible durant la « Journée » que durant la « Nuit », il existe, la « Nuit », des heures de faible consommation.

## IV. Discussion

### A. Quotients respiratoires

Les quotients respiratoires obtenus (0,76 et 0,91) sont normaux pour des carnivores dont les rations sont riches en protéines. Ces quotients sont proches de ceux obtenus à partir des données de CHWALIBOG *et al.* (1979) qui se rangent entre 0,78 et 0,86 avec des animaux en état de réplétion et légèrement supérieurs à ceux de PEREL'DICK & TITOVA (1950) qui ont mesuré, à jeun, des métabolismes de base (0,73 à 0,77).

### B. Évolution annuelle de la production de chaleur

PEREL'DICK & TITOVA (1950) ont déterminé le métabolisme de base durant 20 h consécutives après un jeûne préalable de 24 h à différentes périodes au cours de l'année. Les variations du métabolisme de base que ces auteurs ont observées, entre 129 et 157 kcal/kg de poids vif sont comparables aux variations de productions de

chaleur que nous avons trouvées, les mesures étant effectuées dans des conditions très proches, à 20 °C pour les leurs, entre 16 et 20 °C pour les nôtres. Comme eux, nous constatons des productions de chaleur rapportées au kg de poids vif plus importantes entre mars et octobre que durant les mois d'hiver (novembre-février), ainsi que le met en évidence le tableau 4. Les augmentations de production de chaleur que nous observons sont voisines de celles de ces auteurs : 16 p. 100 au lieu de 18 p. 100.

TABLEAU 4

*Production de chaleur des visons  
au cours des différents mois de l'année (kcal/kg).*

*Heat production of minks during months around the year.*

	PEREL'DICK et TITOVA (1950)	Résultats obtenus <i>Our results</i>
Mars - Avril .....	149	154 (1)
Mai - Juin - Juillet .....	170	144 (2)
Août - Septembre - Octobre .....	151	140 (2)
Novembre - Décembre .....	129	126 (3)
Janvier - Février .....	140	120 (4)

( ) Nombre de mesures - *Number of measurements.*

Le fait que la production de chaleur dépend du niveau d'ingestion existant avant d'opérer les mesures (MARSTON, 1951 ; CLOSE & MOUNT, 1975), expliquerait que PEREL'DICK & TITOVA (1950) et nous-mêmes avons observé les mêmes fluctuations au cours de l'année.

En outre, contrairement à d'autres mammifères (rat : DEMPSEG & ASTWOOD, 1943 ; mouton : HENNEMAN *et al.*, 1955 ; porc et vache : SORENSEN, 1958, BOISSIN-AGASSE *et al.*, 1981) on a montré que chez le vison la thyroïdémie est plus élevée en été qu'en hiver, phénomène qui concorde avec l'élévation de la production de chaleur en cette saison. Ces auteurs font d'ailleurs remarquer que l'hyperthyroïdémie en été n'est pas un fait exceptionnel chez les mammifères sauvages. En effet, DELOST (1966) chez des écureuils sauvages (*Sciurus vulgaris*) piégés dans les forêts du Tarn, MAUREL *et al.* (1977) chez des blaireaux européens (*Meles meles*) élevés en captivité, constatent le même type de cycle. RIGAUDIERE (1969) mesure immédiatement après piégeage les métabolismes de base de campagnols et constate que ceux-ci, très élevés en juillet-août et septembre, sont bas en décembre-janvier et février, variation corrélative de celle de la thyroïdémie simultanément mesurée. ALEKSIUK & MCTAGGAR COWAN (1969) font des observations analogues sur le castor (*Castor canadensis Kuhl*), notant en outre l'importance des dépôts gras à l'automne, mobilisés au printemps et la maigreur des animaux en été.

On peut aussi remarquer que l'affaissement passager de la production de chaleur en juillet (semaine 127) correspond précisément à une baisse fréquente de la thyroïdémie pendant quelques semaines en été, ainsi que l'ont observé BOISSIN-AGASSE *et al.* (1981). On peut donc admettre que les variations saisonnières de la production de chaleur sont liées à l'activité thyroïdienne.

### C. Besoins d'entretien

Comme nous l'avons mentionné déjà, il existe peu de données relatives aux besoins d'entretien du vison adulte. FARRELL & WOOD (1968), IVERSEN (1972), ont mesuré le métabolisme de base après des jeûnes de 6 ou 8 h lorsque les animaux étaient naturellement en phase de sommeil, les premiers sur femelles d'élevage (0,7 kg environ), le second sur mâles sauvages (moins de 1 kg). Ils donnent respectivement des valeurs de 77,4 et 84,6 kcal/P<sub>kg</sub><sup>0,75</sup>.

Seuls CHWALIBOG *et al.* (1979) déterminent en circuit ouvert des productions de chaleur chez des mâles adultes dont les régimes varient par les quantités distribuées et la teneur en protéines. Le besoin d'entretien obtenu par ces auteurs à partir de la régression liant l'énergie retenue à l'énergie métabolisable (126 kcal EM/P<sub>kg</sub><sup>0,75</sup>) est nettement inférieure à celle que nous avons calculée par la même méthode (155,9 kcal EM/P<sub>kg</sub><sup>0,75</sup>). Les conditions différentes dans lesquelles ont été effectuées ces deux études pourraient être à l'origine de ces divergences :

— les souches *Pastel* utilisées par ces auteurs et par nous-mêmes sont différentes puisque les poids des mâles adultes varient entre 1 200 et 1 400 g dans le premier cas, entre 1 700 et 2 200 g dans le second ;

— leurs mesures sont effectuées pendant une période limitée de l'année sur des visons soumis à des régimes alimentaires variant tant par les quantités offertes que par la concentration en protéines. Dans le travail exposé ici, les mesures sont effectuées durant l'année entière en offrant *ad libitum* un aliment de composition constante ;

— nos animaux ayant peu mangé lors de leur séjour en chambre respiratoire, les bilans sont en majorité négatifs et notre donnée a été calculée par extrapolation à partir de ces bilans, tandis que celle de CHWALIBOG *et al.* l'a été uniquement à partir de bilans positifs.

Ce besoin d'entretien que nous avons trouvé peut paraître élevé. Mais lorsque nous avons appliqué cette valeur de 155,9 kcal/P<sub>kg</sub><sup>0,75</sup> aux animaux vivant en conditions d'élevage, cette norme est apparue insuffisante : elle devrait atteindre 195,9 kcal/P<sub>kg</sub><sup>0,75</sup>. Et, de plus, des essais effectués en 1978 sur des mâles *Dark* de poids légèrement plus faible (8 bilans avec des groupes d'animaux différents qui ont peu modifié leur comportement alimentaire en chambre, 5 bilans positifs sur 8) ont conduit à l'équation de régression suivante :

$$ER \text{ kcal/P}_{\text{kg}}^{0,75} = 0,928 \text{ EM/P}_{\text{kg}}^{0,75} - 130,3 \quad r = + 0,78$$

Cette régression conduit à calculer un besoin d'entretien de 140,4 kcal par unité de taille métabolique, valeur non significativement différente de 155,9 (fig. 2) et qui la confirme.

Comparés aux données classiquement indiquées pour les animaux domestiques adultes ( $100 \text{ kcal EM/P}_{\text{kg}}^{0,75}$ ), les besoins d'entretien du vison mâle sont donc très élevés, surtout si l'on considère les animaux séjournant en visonnerie. Cependant, il faut rappeler que les visons, carnivores, sont nourris avec des régimes très riches en protéines (36,3 p. 100 MS), que leurs pertes endogènes azotées sont très élevées, surtout les pertes urinaires, ce qui indique une participation importante des protéines corporelles au métabolisme énergétique, que leurs échanges gazeux augmentent d'environ 40 p. 100 lorsque la température ambiante décroît de 20 à 0 °C (CHWALIBOG *et al.*, 1979) et qu'ils manifestent une activité intense à certaines périodes du nyctémère, spécialement en phase nocturne, qu'ils soient dans leur cage, en salle expérimentale ou dans les conditions normales d'élevage à la visonnerie. Or, comme le rappelle BLAXTER en 1972, l'activité physique est plus coûteuse pour les animaux de petite taille que pour ceux de grande taille.

Les rendements de l'énergie métabolisable pour l'entretien entre 0,93 et 0,98 sont proches de ceux obtenus chez le chien, mais sont élevés si on les compare à ceux obtenus chez le porc : 0,81 (BLAXTER, 1972).

Le besoin d'entretien que nous avons obtenu correspond à une évaluation moyenne pour l'ensemble de l'année. Il est certain, au vu de nos résultats de productions de chaleur, que ce besoin devrait être modulé en fonction des phases d'engraissement et d'amaigrissement observées tant en hiver qu'en été. A ces différentes périodes, des études systématiques devraient être entreprises pour déterminer par modification des apports énergétiques, le besoin d'entretien et l'efficacité énergétique tant de l'entretien que de l'engraissement.

#### D. *État d'engraissement et dépenses énergétiques en fonction des saisons*

Un travail antérieur de CHARLET-LERY *et al.* (1979) relatif à l'évolution de la composition corporelle de visons mâles, a montré qu'en fin de croissance, à partir de 1 750 g, l'augmentation du poids est due essentiellement à un dépôt de matière grasse. Nous pouvons donc supposer que chez des visons adultes, le gain pondéral observé entre le poids minimum d'été et le poids maximum avant saillie serait essentiellement lié aux lipides déposés, d'autant plus que l'appréciation des variations de réserves corporelles au cours des échanges respiratoires de nos visons nous ont permis de constater que la variation de l'énergie lipidique est 5 fois plus importante que celle de l'énergie protéique.

Or, TOUTAIN *et al.* (1977) ont émis l'hypothèse que les différences entre productions de chaleur, rapportées à la taille métabolique, de moutons adultes, d'âge et surtout de composition corporelle différente, seraient dues essentiellement aux variations de ces mêmes dépôts lipidiques, tissus métaboliquement moins actifs que les tissus maigres. Nous avons donc rapporté les productions de chaleur observées durant la période hivernale non pas à la taille métabolique correspondante des visons, mais à celle qu'ils avaient eue durant la période estivale lorsqu'ils sont maigres. Comme ces auteurs, nous avons constaté que les productions de chaleur rapportées à la taille métabolique d'été étaient notablement augmentées ; la moyenne des données obtenues en hiver passe ainsi de 149,0 à 174,3  $\text{kcal EM/P}_{\text{kg}}^{0,75}$ , valeur très proche de la moyenne estivale qui est de 167,1.

### E. *Évolution de la variation journalière de la consommation d'oxygène*

On sait que la consommation d'oxygène et que la production de chaleur varient chez les homéothermes selon un cycle défini au cours du nyctémère. Mais la majorité des observations, provenant d'études sur les mécanismes bio-énergétiques, proviennent d'expériences où, par définition, les conditions d'ambiance sont maintenues constantes, notamment au point de vue température et photopériodisme (nyctémère invariable). Cela explique que nous n'ayons pas trouvé de références montrant des changements saisonniers de la répartition des niveaux de la consommation d'oxygène au cours du nyctémère. En fait, on sait que ces variations circadiennes saisonnières se rencontrent dans d'autres fonctions physiologiques : elles résultent de l'interaction entre le rythme interne circadien et le photopériodisme. Ces variations sont bien connues pour les hormones qui régulent la plupart des fonctions physiologiques et dont le taux dans la circulation sanguine varie systématiquement suivant l'heure du jour et la saison. Or, il se trouve que le vison est une espèce particulièrement réactive à l'action du photopériodisme (ALLAIS & MARTINET, 1978, MARTINET *et al.*, 1981, BOISSIN-AGASSE *et al.*, 1981) : ce caractère a peut-être accentué les écarts des variations journalières et saisonnières de la consommation d'oxygène et par conséquent facilité leur mise en évidence.

La méthodologie suivie, orientée uniquement sur la production de chaleur, ne permet pas de départager ce qui dépend strictement et directement de la régulation hormonale ou bien relève de l'activité locomotrice ou de l'extra-chaleur alimentaire. Mais de toute façon, il semble que le photopériodisme intervienne également plus ou moins profondément sur les rythmes de l'activité locomotrice (MENAHER, 1971) ou de la prise alimentaire (RINGER, 1972). Les problèmes posés sont donc complexes et il apparaît que le vison, par son caractère photopériodique prononcé, soit une espèce offrant des possibilités particulièrement intéressantes pour les résoudre.

## V. Conclusion

Les 13 mesures de production de chaleur (bilan CN) que nous avons effectuées mensuellement sur un groupe de 4 visons mâles adultes nourris *ad libitum* mettent en évidence les faits suivants :

— la production de chaleur journalière est fonction de la période considérée plus faible durant l'hiver, de novembre à février, que durant le printemps et l'été, d'avril à septembre ;

— le besoin d'entretien calculé par régression à partir de l'ensemble des données atteint  $155,9 \text{ kcal/P}_{\text{kg}}^{0,75}$ . Il est supérieur chez les animaux laissés en condition d'élevage :  $195,9 \text{ kcal/P}_{\text{kg}}^{0,75}$ . Le haut niveau du métabolisme azoté chez ce petit carnivore et l'intense activité nocturne qu'il manifeste expliquent son besoin d'entretien élevé ;

— la consommation horaire d'oxygène, répartie de façon assez homogène sur le nyctémère, durant l'hiver, varie fortement en jours longs, faible durant la « Journée » (début des mesures-coucher du soleil) et très élevée durant les premières heures du « matin » (lever du soleil-arrêt des mesures).

Ces variations saisonnières sont à mettre en relation avec celles des taux d'hormones circulantes dont de nombreux auteurs ont souligné la régularité des cycles et les écarts d'amplitude chez les mustélinés et, en particulier, le vison. C'est notamment le cas des hormones thyroïdiennes à l'origine de la production de chaleur en été et de la testostérone dont la présence au cours des semaines précédant la saillie expliquerait la croissance élevée à ce moment malgré un niveau alimentaire assez bas.

Ce travail relatif aux variations de l'état nutritionnel du vison mâle adulte durant plus d'une année, à l'origine descriptif, a conduit à soulever de nombreux problèmes fondamentaux qu'il serait intéressant de résoudre. Il est évident que le cycle que nous avons observé de périodes successives de gains et de pertes de poids devrait être étudié systématiquement pour préciser aux différentes périodes de l'année les variations que l'on peut supposer du besoin énergétique d'entretien et de l'efficacité alimentaire.

Mais ces données devraient pouvoir être reliées d'une façon précise aux taux d'hormones circulantes afin d'établir leurs corrélations ou de comprendre leur interdépendance. Il apparaît que le vison demeuré très soumis au photopériodisme en conditions d'élevage soit une espèce particulièrement adaptée à de telles études.

### Summary

#### *Nutritional status of adult male mink during the year II. - Heat production and maintenance requirements*

During 14 consecutive months and in the course of the week following one of the nutritional balances studied in part I (CHARLET-LERY *et al.*, 1984), The 4 minks of group A, fed *ad libitum* the same pelleted diet stayed together 13 times in respiratory chamber during 3 days ( $3 \times 23$  h).

The level of intake was always lower during the stay in chamber. The respiratory quotients were below 1 (0.76-0.91). The daily heat productions (CN balance) were relatively constant. But when they were calculated on the basis of live weight or of metabolic size, we observed that heat production was lower in winter, from November till February, than in summer, from April till September ( $149 \text{ kcal/W}_{\text{kg}}^{0.75}$  and  $167 \text{ kcal/W}_{\text{kg}}^{0.75}$ , respectively, table 1).

An attempt was made to estimate the energy requirement for maintenance :  $155 \text{ kcal ME/W}_{\text{kg}}^{0.75}$  (fig. 1). Taking into account this value, metabolizable energy for production was calculated individually for the six periods of the weight cycle observed in part I. The comparison with the live weight change during these periods made evident the accuracy of this value for animals staying in experimental room but showed that in mink farm (group V), requirement was higher ( $195 \text{ kcal/W}_{\text{kg}}^{0.75}$ ) owing probably to outdoors conditions (larger changes in temperature).

The patterns of mean  $\text{O}_2$  consumption during a day pointed out high differences between short and long day-night. The influence of photoperiodism on these animals was also suggested by evolutions of hormonal plasma concentration (thyroxine, testosterone) shown by several authors (tabl. 3 and fig. 3).

*Key words* : Adult male mink, heat production, annual cycle, maintenance requirements.

*Reçu en février 1983.*

*Accepté en décembre 1983.*



## Références bibliographiques

- ALLAIS C., MARTINET L., 1978. Relation between daylight ratio, plasma progesterone levels and timing of nidation in mink. (*Mustela vison*). *J. Reprod. Fertil*, **54**, 133-136.
- ALEKSIUK M., MC TAGGART COWAN I., 1969. Aspect of seasonal energy expenditure in the beaver (*Castor canadensis* Kuhl) at the northern limit of its distribution. *Can. J. Zool.*, **47**, 471-481.
- BLAXTER K.L., 1972. Fasting metabolism and the energy required by animal for maintenance. in *Festschrift til KNUT BREIREM*. Utgitt av en redaksjonskomite, Mariendals Boktrykkeri A.S. Gjøvik, 19-36.
- BOISSIN-AGASSE L., MAUREL D., BOISSIN J., 1981. Seasonal variations in thyroxine and testosterone levels in relation to the moult in the adult male mink (*Mustela vison* Peale and Beauvois). *Can. J. Zool.*, **59**, 1062-1066.
- BROUWER E., 1964. Report of sub-committee on Constants and Factors. *Proc. 3rd Symp. on Energy Metabolism*, 441-443. E.A.A.P. Publ. n° 11. Academic Press, London, New York.
- CHARLET-LERY G., FISZLEWICZ M., MOREL M.T., ALLAIN D., 1979. Evolution de la composition corporelle du vison mâle en croissance à partir du sevrage. *Ann. Zootech.*, **28**, 423-430.
- CHARLET-LERY G., FISZLEWICZ M., MOREL M.T., ROUGEOT J., 1984. Variation au cours du cycle annuel de l'état nutritionnel du vison mâle adulte. I. Poids vif, niveau d'ingestion digestibilité, rétention azotée. *Ann. Zootech.*, **33**, 73-98.
- CHWALIBOG A., GLEM-HANSEN N., HENCKEL S., THORBEG G., 1979. Energy metabolism in adult mink in relation to protein-energy levels and environmental temperature. *Proc. 8th Symp. on Energy Metabolism*, 283-286. EAAP Publ. n° 26. Butterworths, London-Boston.
- CLOSE W.H., MOUNT L.E., 1975. The rate of heat loss during fasting in the growing pig. *Br. J. Nutr.*, **34**, 279-290.
- DELOST P., 1966. Reproduction et cycles endocriniens de l'écureuil (*Sciurus vulgaris*). *Arch. Sci. Physiol.*, **20**, 425-457.
- DEMPSEG E.W., ASTWOOD E.B., 1943. Determination of the rate of thyroid hormone secretion at various environmental temperature. *Endocrinol.*, **32**, 509-518.
- FARRELL D.J., WOOD A.J., 1968. The nutrition of the female mink (*Mustela vison*). I. The metabolic rate of the mink. *Can. J. Zool.*, **46**, 41-45.
- FISZLEWICZ M., 1982. *Etude nutritionnelle au cours du cycle annuel du vison mâle adulte*. Thèse Doctorat d'Université. Université Paul-Sabatier (Toulouse), Sciences naturelles, 77 p.
- HARPER R.B., TRAVIS H.F., GLINSKY M.S., 1978. Metabolizable energy requirement for maintenance and body composition of growing farm-raised male pastel mink (*Mustela vison*). *J. Nutr.*, **108**, 1937-1943.
- HENNEMAN H.A., REINEKE E.P., GRIFFIN S.A., 1955. The thyroid secretion rate of sheep as affected by season, age, breed, pregnancy and lactation. *J. Anim. Sci.*, **14**, 419-434.
- IVERSEN J.A., 1972. Basal energy metabolism of mustelids. *J. Comp. Physiol.*, **81**, 341-344.
- MARSTON H.R., 1951. Energy transactions in homeothermic animals. *Proc. R. Soc. N.S. Wales*, **84**, 169-183.
- MARTINET L., MEUNIER M., ALLAIN D., 1981. Control of delayed implantation and onset of spring moult in the mink (*Mustela vison*) by day light ratio, prolactin and melatonin. In *Photoperiodism and Reproduction in Vertebrates*, 253-261. Colloques de l'I.N.R.A.
- MAUREL D., JOFFRE J., BOISSIN J., 1977. Cycle annuel de la testostéronémie et de la thyroxinémie chez le blaireau européen (*Meles meles*). *C.R. Acad. Sci., Ser. D.*, **284**, 1577-1580.
- MENAKER M., 1971. Rhythms, Reproduction and Photoreception. *Biol. Reprod.*, **4**, 295-308.

- PEREL'DICK M., TITOVA M.I., 1950. Experimental determination of feeding standards for adult breeding mink. *Karakulevodstro Zverovodstvo*, **3**, 29-35.
- RIGAUDIÈRE N., 1969. Les variations saisonnières du métabolisme de base et de la thyroïde chez les microtinés. *Arch. Sci. Physiol.*, **23**, 215-242.
- RINGER R.K., 1972. Effect of light and behaviour on nutrition. *J. Anim. Sci.*, **35**, 642-647.
- SØRENSEN P.H., 1958. Iodine metabolism and thyroid function in cattle and pigs. *Beretning fra forsøgslaboratoriet*, **302**, Copenhagen.
- TOUTAIN P.L., TOUTAIN C., WEBSTER A.J.F., MC DONALD J.D., 1977. Sleep and activity, age and fatness, and the energy expenditure of confined sheep. *Br. J. Nutr.*, **38**, 445-454.